

Kapacitetsutnyttjande på järnvägen år 2030

Slutrapport från projektet Klimat På Spåret, KLIPS

2015-01-31

Martin Aronsson, Martin Joborn, Per Danielsson
SICS Swedish ICT
{martin, mjoborn, pd}@sics.se

SICS Technical Report T2015:02



Projektdefinition

Projektet KLIPS, KLImat På Spåret, diskuterades fram gemensamt mellan SICS och avdelningen Näringslivets Transporter på Trafikverket. Nedan följer de viktigaste punkterna rörande syfte, mål och leveranser. Denna rapport utgör slutrapporten för projektet.

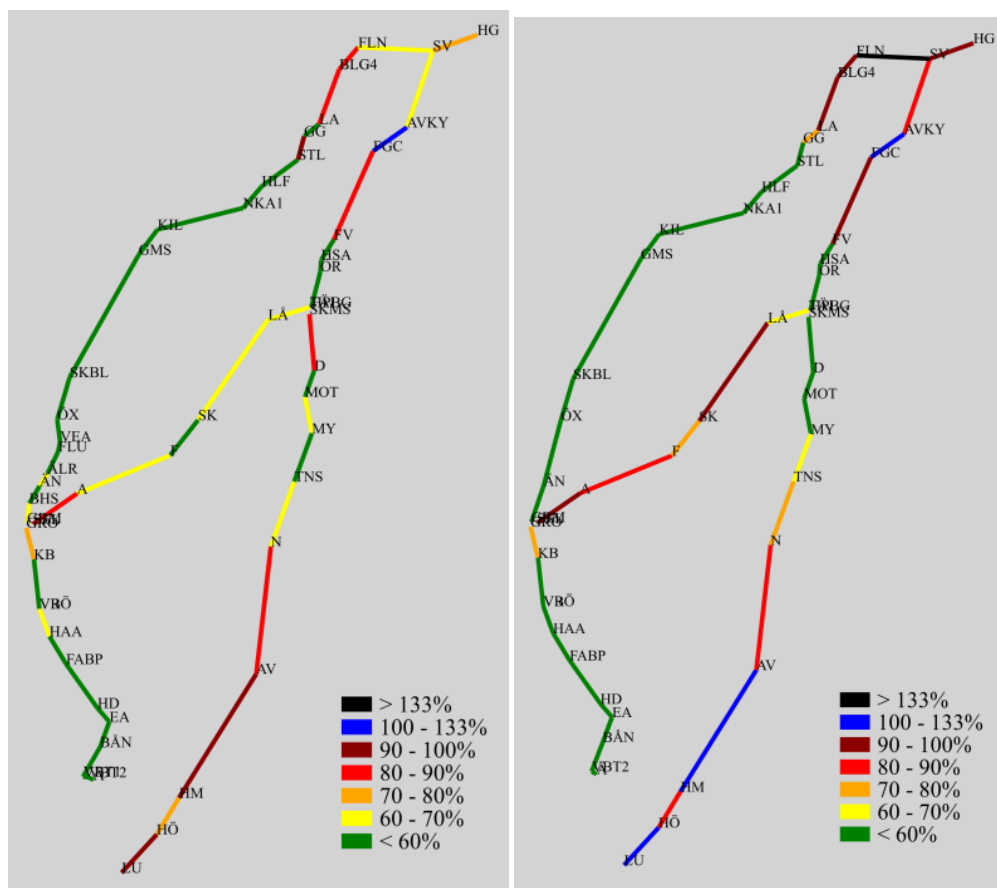
Syfte och mål

Syftet med projektet är att undersöka om den prognostiserade trafiken för 2030 kan få plats på järnvägsinfrastrukturen. Bakgrunden är att den ekonomiska utvecklingen antas öka behovet av transporter på järnväg. Om man dessutom skall uppnå de klimatmål som satts upp kommer behoven av järnvägstransporter att öka än kraftigare om inte något teknologisprång inträffar för vägfordonens framdrift inträffar. Det kan inte säkerställas att drivmedelstekniken går framåt signifikant jämfört med idag, och att enda sättet då är att använda alternativa transportmoder för att bibehålla transportarbetet och samtidigt uppfylla de ställda klimatmålen.

Projektet undersöker de praktiska konsekvenserna av kraftigt ökande volymer gods på järnväg genom att skapa en partiell tågplan för den framtida trafiken och jämföra de resulterande kapacitetsmått för de olika sträckorna med de som finns idag. Målet har varit att belysa kapacitetsutnyttjandet 2030 utifrån de prognoser som finns tillgängliga. Prognoserna har baserats på den allmänna ekonomiska tillväxten; prognoser som är anpassade för att nå miljömålen innehåller ännu kraftigare volymökningar för järnvägstransporter än de prognoser som använts i denna studie.

Resultat i sammanfattning

Resultatet från arbetet kan sammanfattas med två belastningskartor för de utvalda sträckorna. De två kartorna i [Figur 1](#) representerar dagens trafik (tågplan T10) (utvärderad enligt den i projektet framtagna kapacitetsanalysmodellen) samt godstrafik baserad på prognoser för 2030 från Nelldal [1], här kallad P30, utvärderad på 2030 års infrastruktur (enligt Nationell plan 2014-2025 [5]). I kartorna antas persontrafiken ligga kvar på samma nivå 2030 som 2010, prognosen säger dock att även persontrafiken ökar till 2030 d.v.s. denna utvärdering är konservativ. Färgsättningen för de olika linjesegmenten sammanfaller med Trafikverkets årliga kapacitetsredovisning [2]. Vi har dock lagt till några färger: blå respektive svart, vilka symboliserar ett kapacitetsuttag på över 100 % respektive över 133 % efter att tillgängligheten till linjesegmentet har justerats för nödvändig robusthetsmarginal och banarbeten (i Trafikverkets kapacitetsmodell får 18 timmar av det valda dygnet användas för effektiv tågtrafik och 6 timmar räknas av för robusthet och banarbeten). Dessutom har vi kompletterat med färgerna orange och mörkröd för att få bättre upplösning, se förklaring i figurerna.



Figur 1: Belastningar i svenska centrala godsnätet söder om Gävle, dels för 2010 till vänster, dels för trafiken 2030 lagd på 2025 års infrastruktur, utbyggd enligt Nationell plan för transportsystemet 2014-2025 (till höger).

Resultaten visar att det på delar av nätet kommer att bli mycket hög belastning – högre belastning än vad som idag anses hanterbart. Det gäller speciellt Södra Stambanan. På Västra Stambanan och den enkelspåriga delen av Godsstråket genom Bergslagen nås också ett mycket högt belastningsläge.

Ytterligare ett resultat av projektet är de tidtabellgrafer som tagits fram, vilka ligger till grund för belastningsberäkningarna. Dessa är interaktiva och kan användas för att undersöka giltigheten hos de framtagna tidtabeller som ligger till grund för kapacitetsberäkningarna.

Utöver detta är ett resultat från projektet en beräkningsmetod för att mer i detalj studera kapacitetssituationen givet prognostiserade flöden. Denna metod kan användas för ytterligare undersökningar av hur kapacitetssituationen förändras för olika prognoser. Metoden beskrivs närmre under kapitlet Kapacitetsberäkning.

1 Uppgiften

För att Sverige ska kunna uppnå kommande klimatmål krävs att mycket godstrafik flyttar över på järnväg. Prognoser för framtida trafik, antingen baserade på att klimatmål skall uppnås eller rent tillväxtbaserade, tar ofta inte ställning till om järnvägsnätet kan hantera den framtida prognostiserade trafiken. I detta projekt, Klimat på spåret - KLIPS, studeras hur belastningen på järnvägssystemet blir och godstrafiken utvecklas i enlighet med prognoserna. Syftet är att undersöka de praktiska konsekvenserna av kraftigt ökande volymer gods på järnväg, och huruvida järnvägssystemet kan hantera dessa.

Utgångspunkten för prognoser som denna rapport baserar sig på är de mer försiktiga prognoserna som baseras på ekonomisk tillväxt. Prognoser som inkluderar åtgärder för att nå miljömålen är än mer aggressiva gällande godstransporternas tillväxt på järnväg.

Leveranser

Resultatet av projektet är en demonstration som belyser genomförbarheten av den prognostiserade ökningen av godstransporter i järnvägssystem med avseende på järnvägens kapacitet. Den prognostiserade tillväxten av transporter tillräknas den allmänna ekonomiska utvecklingen, om man dessutom skall uppfylla klimatmålet för 2030 prognostiseras den nödvändiga ökningen av järnvägstransporter var ännu större än det underlag vi använt i denna rapport [1]. Demonstratorn belyser genomförbarheten av transportökningarna och visualiserar detta i grafiskt. Demonstratorn kan användas för att undersöka olika scenarior med utgående från olika parametersättning och olika indata.

Två leveranser har gjorts. Dels en första Q1 2014 i vilken metoden redovisades och de första resultaten av demonstrationerna utvärderades. Utifrån värderingen gjordes vidareutveckling av de delar som bedöms som svaga, både vad gäller metod, data och gränssnitt, varefter ytterligare simuleringar, optimeringar och analyser gjordes. Projektet slutredovisades Q4 2014.

De tidtabeller som projektet tagit fram finns sparade som java-tillstånd och kan läsas in i en java-interpretator¹ för att demonstrera en möjlig tågplan 2030 på de sträckor som analysen gjorts. Dessa programtillstånd har överlämnats till Trafikverkets representant i projektet.

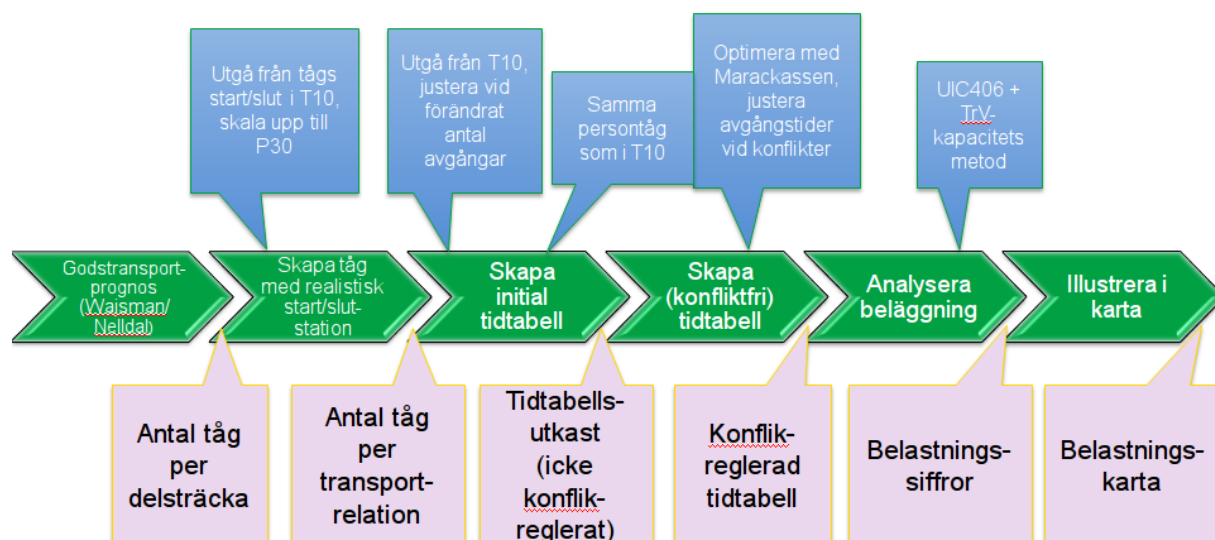
2 Angreppssätt och metod

Angreppssättet i projektet kan beskrivas enligt följande steg:

1. Utgå från framtida trafikprognos
2. Omvandla trafikprognos från att vara länkbaserad till att vara tågbaserad
3. Skapa motsvarigheten till ansökan om trafik (utan hänsyn till konflikter)
4. Eliminera konflikter och skapa tidtabell
5. Beräkna belastningen i järnvägsnätet

Arbetsprocessen illustreras i Figur 2 och detaljer beskrivs i nästa kapitel.

¹ Samtliga trafikverksdatorer har en lämplig java-installation att köra dessa sparade tillstånd på då detta skrivs.



Figur 2: Översikt över den process som använts inom projektet. Gröna boxar beskriver aktivitet i respektive steg, lila boxar resultat/utdata från steget och blå boxar är kommentarer till respektive steg.

Vi refererar till den trafik som körs under 2010 på samma sätt som branschen gör, d.v.s. som T10, och den prognostiserade trafiken för 2030 och tillhörande tidtabell betecknar vi med P30.

Vi har valt att i denna studie studera de större godsstråken söder om Gävle. För beräkningar för 2030 gjordes relevanta anpassningar av infrastrukturen enligt Nationell plan för transportsystemet 2014-2025 [5]. Dessa anpassningar har gjorts i kapacitetskalkylen och inte i tidtabellläggningen (se nedan) då det är svårt att utöka infrastrukturdatabaser som inte har underliggande data från Trafikverkets system Tigris och TrainPlan.

2.1 Trafikprognos

I samråd med Trafikverket bestämdes att projektet skulle utgå från de prognoser för godstrafiken år 2030 som beskrivs enligt "Basalternativet" i [1]. Basalternativet motsvarar tillväxt i transport som kommer av den allmänna ekonomiska utvecklingen (medan "Kapacitetsalternativet" i [1] motsvarar att åtgärder görs för att stimulera järnvägstransporter så att miljömålen uppnås, vilket alltså motsvarar en kraftigare tillväxt i järnvägens godstransporter än Basalternativet).

I detta projekt antas persontrafiken ligga kvar på samma trafiknivå som 2010. Det är fullt möjligt att komplettera projektet med persontrafiksprognoser för 2030. När projektet startade hade vi dock inte tillgång till för oss användbara persontrafiksprognoser.

Prognosen för godstrafik i [1] är baserad på "länkflöden", d.v.s. för olika delsträckor anges antal tåg som trafikerar någon del av delsträckan. Prognosen anges dock inte var tågen startar och slutar, vilket är nödvändigt om man ska skapa en tidtabell för järnvägssystemet.

2.2 Från länkbaserad trafikprognos till tågbaserad prognos

Referensår för prognosen [1] är 2010. Genom att göra antagandet att trafiken 2030 kommer att ha samma grundstruktur som år 2010, kan vi linjärt skala tågen från 2010 till den nivå som motsvarar 2030. Tåg skapas genom att använda de prognostiserade flödena för 2030 för att skala upp (ned) antalet tåg ur 2010 till 2030 års godstrafik. I den demonstration som gjorts i projektet och för utvecklande av metoden har persontågstrafiken antagits vara samma 2030 som 2010. Genom att anta samma trafik för persontågstrafiken har vi "tagit till i underkant" i detta avseende, vilket betyder att de resultat vi får bör ligga i underkant på den kapacitet som behövs för att åstadkomma trafiken.

2.3 Skapa motsvarigheten till ansökan

En initial tidtabell skapas genom att ansätta preliminära avgångstider från tågens ursprungsstation och en nominell transporttid enligt ideal tidtabell. Avgångstider sätts så att de efterliknar det mönster som finns i T10.

Alla godståg i P30 har samma tågtyp, GR401410 (ett lok RC4 med 1400 ton och 100 km/tim), vilket även det är en förenkling av problemet och leder till ett bättre kapacitetsutnyttjande eftersom alla godståg har samma prestanda och t.ex. kan köras i kolonn.

2.4 Eliminera konflikter och skapa tidtabell

Den initiala tidtabellen (från steget ovan) innehåller ett stort antal oreglerade konflikter. Genom att optimera tidtabellen i SICS optimeringsverktyg Marackasen [4] minimeras konflikterna i tidtabellen. Marackasen respekterar samtliga konfliktregler som finns i den nu gällande föreskriften för tågplanekonstruktion TF601 (och den informella handledningen TH601) för fjärrtågklarerade sträckor. Konflikter elimineras genom att avgångar förskjuts i tiden, liksom att stopp, möten och förbigångar läggs in i tågens tidtabeller på liknande sätt som en tidtabellkonstruktör arbetar. Marackasen söker minimera antalet konflikter genom att finna en lösning där så få tåg som möjligt ligger i konflikt. Mer specifikt så minimerar Marackasen den tid i sekunder som tågen ligger i konflikt med varandra.

Det har inte varit möjligt att helt eliminera alla konflikter på alla sträckor, men de kvarvarande konflikterna är förhållandevis få och delvis av samma art som redan idag i viss utsträckning tillåts i de färdigställda tidtabellerna. Det råder givetvis även osäkerhet kring var och hur många tågen faktiskt är 2030, så bedömningen är att så länge antalet konflikter är få och antalet sekunder tågen är i konflikt är begränsat så har ett tillräckligt bra resultat uppnåtts. I bilaga 1 finns samtliga genererade tidtabellgrafer för de fem sträckorna som referens.

2.5 Beräkna belastning på stråk

Den skapade tidtabellen används för belastningsberäkning. För dubbelspår används UIC406, och för enkelspår används Trafikverkets modell för belastningsberäkning [3]. Resultatet av detta steg är att de olika stråken mellan de angivna begränsningsstationerna får ett procentuellt belastningstal mellan 0 och 100 vilka har ritats in på motsvarande sätt som i Trafikverkets egna belastningskartor [2].

3 Detaljerad beskrivning av metoden

Metoden utgår från en bastidtabell som skall vara känd, i detta sammanhang T10 eftersom det är den tågplanen som används som bas i [1]. Vi använder beteckningen *prognoståg* för de tåg som skall tas fram och som tillsammans uppfyller flödesprognosen i [1]. Prognostidtabellen är den tidtabell som tas fram för prognostågen. Steg 1 i metoden är alltså att välja trafikprognos och den infrastruktur som prognosen skall appliceras på.

Varje tåg i bastidtabellen kör en specificerad väg genom infrastrukturen. Kärnan i steg 2 i metoden är att finna en proportionell skalning från det antal tåg som använder en viss väg i bastidtabellen till motsvarande tåg i prognostidtabellen. Prognostidtabellen för år 2030 kallas för P30, i analogi med att den fastställda för 2010 kallas för T10. De tågsträckningar (dvs kombinationer av avgångsstation, slutstation och vägval genom nätet) i T10 som används på den utvalda infrastrukturen och som är bas för uppskalning till P30, kallas för *malltåg*. Tåg i P30 kallas för *prognoståg*.

Steg 3 i metoden är att schemalägga dessa tåg så att de uppfyller de konstruktionsregler som skall vara uppfyllda i en konfliktfri tidtabell. För att åstadkomma detta har vi använt ett verktyg, Marackasen, framtaget i en serie forskningsuppdrag för Trafikverket [4].

Då en giltig tidtabell skapats används denna för att räkna ut kapacitetsuttaget på det undersökta stråket.

Infrastrukturdata och den fastställda tågplanen för T10 har hämtats från TrainPlan och samtliga genomförda beräkningar har utförts med detta som grund. För P30 har viss kompensation för planerad utbyggnad av infrastrukturen gjorts.

3.1 Studerat område och prognostiserade flöden

Det område som valdes för studien togs fram i samråd med Trafikverket. Nedan visas detta i Trafikverkets kapacitetskarta där endast de sträckorna finns med. Observera att det är godstrafiken som stått i fokus för denna studie, således har t.ex. den intensiva trafiken kring Stockholm inte tagits med. Vidare var kravet att området som studerades inte fick bli för stort då det skulle ha blivit för tungrovt att hantera i utvecklingsprojektet, men heller inte för litet och därmed ointressant. Vidare skulle det finnas både dubbelspår och enkelspår med.



Prognosmaterialet för 2030 innehåller inte de faktiska tågen och vilka sträckor de kör utan enbart hur många tåg som passerar en viss stationssträcka. Det betyder att vi måste skapa de faktiska tågen (transporterna) med utgångsstation och slutstation samt avgångstid (se separat stycke) från prognosmaterialet. Eftersom det finns stora möjligheter att köra många olika vägar i t.ex. Skåne och vi inte kan avgöra hur trafiken kommer att fördela sig på de olika möjliga varianterna så har vi valt att ”klippa” Väst kustbanan i Ängelholm och Södra Stambanan i Lund.

Vi har definierat fem sträckor som används vid analyserna. Dessa delproblem är benämnda mj1-mj5:

- Mj1, från Hallsberg till Lund (Godsstråket genom Bergslagen och Södra Stambanan)
- Mj2, från Hallsberg till Göteborg (Västra Stambanan)
- Mj3, från Gävle till Hallsberg (Godsstråket genom Bergslagen)
- Mj4, från Storvik till Göteborg via Kil (Bergslagsbanan och Vänerbanan)
- Mj5, från Göteborg till Ängelholm (Väst kustbanan)

Vid analyserna betraktas var sträcka för sig, det betyder t.ex. att det kan finnas viss inkonsistens i den framtagna tidtabellen för tåg som trafikerar flera av de analyserade sträckorna. Vi bedömer dock att detta inte har betydelse för projektets huvudsakliga resultat.

3.2 Utbyggd infrastruktur till 2030

Nationell plan för transportsystemet 2014-2025 [5] beskriver de i dagsläget planerade, större förändringarna i infrastrukturen. Vid beräkningarna ha vi tagit hänsyn till de relevanta åtgärder som påverkar kapaciteten och belastningen i det utvalda infrastrukturnätet.

Infrastrukturen för P30 baserades på infrastrukturen i T10, med följande tillägg:

- Skymossen (Hallsberg) – Degerön: Dubbelspår
- Ställdalen-Kil: 4 nya driftplatser, fjärrblockering
- Båstad-Ängelholm: Dubbelspår
- Varberg: Dubbelspår

På sträckan Skövde-Göteborg och Gävle-Frövi beskrivs i [5] att kapacitetsåtgärder skall vidtas. Vi har dock inte kunna avgöra på vilket sätt detta påverkar situationen. Det samma gäller ERTMS mellan Hallsberg-Lund vars kapacitetspåverkan är oklar. Det är också oklart vilken påverkan Ostlänken får på godstrafiken i det utvalda nätet, men i dagsläget bedöms inte Ostlänken minska belastningen på det utvalda nätet. Det finns till och med risk att Ostlänken leder till att belastningen ökar, eftersom hastighetsskillnaderna kan öka.

3.3 Prognoståg

Prognoståg skapas genom att utgå från tågen från T10 och prognosdata ur [1]. Prognosen redovisas som antalet tåg för ett typiskt trafikdygn ("en torsdag i maj") på en viss delsträcka, men i [1] redovisas inte var dessa tåg startar eller slutar. För att skapa fullständiga tåg till P30, d.v.s. hitta utgångsstation och slutstation som matchar data i [1], utgår vi från vilka tåg (d.v.s. par av utgångsstation och slutstationspar, inkl. vägval) som finns i T10. Varje sådan klass av tåg generaliseras till ett malltåg. Antalet av respektive malltåg i P30 beräknas genom att göra en skalning av antalet tåg så att flödet på respektive delsträcka anpassas så bra som möjligt till prognoserna i [1]. Denna skalning görs genom att lösa ett optimeringsproblem som minimerar avvikelserna till [1] och samtidigt har en så jämnt proportionell skalning som möjligt av antalet malltåg jämfört med T10.

Vi gör generaliseringen att alla malltåg har samma gångegenskaper, (tågtyp GR401410 enligt TrainPlan vilket motsvarar RC4, 100 km/h, 1400 ton). Denna generalisering gör att alla godståg är homogena med varandra, vilket torde minska kapacitetsutnyttjandet i P30 jämfört med om godstågen inte är homogena. Vi gör alltså ur den aspekten en "avrundning" neråt gällande kapacitetsutnyttjande i P30.

Nedan beskrivs den optimeringsmodell som används för att beräkna antal av respektive malltåg som används i P30.

Definitioner

p	malltåg: en väg i nätet som trafikeras av minst ett tåg i T10
N	Mängden av alla noder i nätet
A	Mängden av alla presentationssträckor (bågar) i nätet
P	Mängden av alla vägar p som trafikeras i T10
P_b	Mängden av alla vägar p som använder presentationssträckan b , $b \in B$, hela eller delar av sträckan
T_p	Antal tåg på väg p i T10, d.v.s. antal tåg av respektive malltåg
G_b	Antal tåg på presentationssträcka b i T10. $G_b = \sum_{p \in P_b} T_p$

Prognosdata

F_b	Antal tåg på presentationssträcka b , d.v.s. antal tåg på respektive presentationssträcka i underlagsdata från [1]
X_p	Antal tåg på väg p , heltal

X_p är de variabler vars värden vi söker för att finna de tåg som skall ingå i tidtabelläggningsen för P30.

Villkor

Följande ekvationer bygger upp modellen för matchningen av prognosdata och tåg ur T10 för att skapa de tåg som skall finnas i P30.

På en presentationssträcka b ska det prognostiserade antalet tåg på presentationssträckan (F_b) vara lika med antalet tåg som går på vägar som är del av presentationssträckan, justerat med slackvariabler för att hantera avvikelser:

$$\forall b: F_b = \sum_{p \in P_b} X_p + S_b^+ - S_b^-.$$

Relativa andelen av tåg på en viss väg i förhållande till flödet på en viss presentationssträcka i prognosdata ska överensstämma med T10, justerat med slackvariabler:

$$\forall p, b: X_p = F_b \times \frac{T_p}{G_b} + R_{bp}^+ - R_{bp}^-$$

Målfunktion

För att finna den bästa matchningen av prognosdata och tåg i T10 till tåg i P30 minimeras avvikelserna genom att slackvariablerna i ekvationerna minimeras, vilket ger följande målfunktion:

$$\min: \sum_{b \in A} K^1 \times (S_b^+ + S_b^-) + \sum_{b \in A} \sum_{p \in P_b} K^2 \times (R_{bp}^+ + R_{bp}^-)$$

Ett enkelt exempel finns i figuren nedan.

$P = \{p1, p2\}$

$P_{b1} = \{p1\}$

$P_{b2} = \{p2\}$

$P_{b3} = \{p1, p2\}$

$T_{p1} = 3$

$T_{p2} = 5$

$G_{b1} = 3$

$G_{b2} = 5$

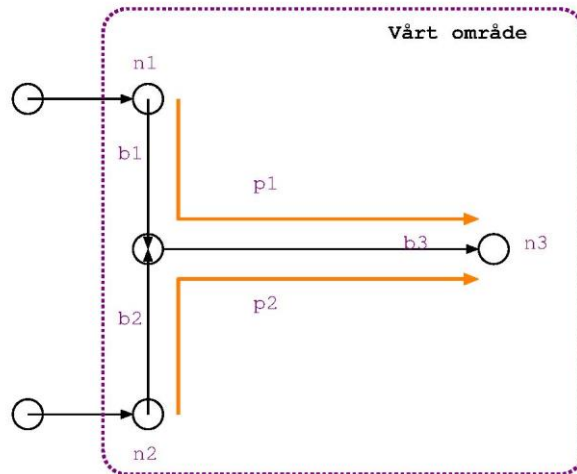
$G_{b3} = 8$

Prognos

$F_{b1} = 8$

$F_{b2} = 11$

$F_{b3} = 16$



Villkor

$$b1: X_{p1} = 8 + S_{b1} - s_{b1}$$

$$b2: X_{p2} = 11 + S_{b2} - s_{b2}$$

$$b3: X_{p1} + X_{p2} = 16 + S_{b3} - s_{b3}$$

Versal-S är den positiva termen
gemen-s är den negativa termen

$$X_{p1} = 8 * (3/3) + R_{b1_p1} - r_{b1_p1}$$

$$X_{p2} = 11 * (5/5) + R_{b2_p2} - r_{b2_p2}$$

$$X_{p1} = 16 * (3/8) + R_{b3_p1} - r_{b3_p1}$$

$$X_{p2} = 16 * (5/8) + R_{b3_p2} - r_{b3_p2}$$

objektfunktion

$$\min: K1 (S_{b1} + s_{b1} + S_{b2} + s_{b2} + S_{b3} + s_{b3}) + K2 (R_{b1_p1} + r_{b1_p1} + R_{b2_p2} + r_{b2_p2} + R_{b3_p1} + r_{b3_p1} + R_{b3_p2} + r_{b3_p2})$$

Den optimala lösningen till ovanstående modell ger oss alltså antal malltåg på respektive sträcka som så bra som möjligt anpassas till delsträckeflödena i [1] och samtidigt behåller en proportionell skalning mot T10. Det är av större vikt att minimera avvikelserna till delsträckornas flöde än att på en jämn proportionell uppskalning, så avvikelserna i optimallösningen mot delsträckeflödena i [1] är noll på alla delsträckor.

3.4 Initial tidtabell

En initial tidtabell för p30 skapas genom att efterlikna mönstret i T10. Den initiala tidtabellen är inte konflikreglerad utan motsvarar vad som kan betraktas som en ansökan om tågläge. Varje tåg får en avgångstid och därefter "rullas godstågen ut" i enlighet med de relevanta gångtidsmallarna. Resultatet är en initial tidtabell inklusive ankomsttid för varje godståg. Optimering och konflikreglering av tidtabellen sker i nästa steg (schemaläggningen).

Beräkningen utförs i ett antal steg enligt nedan.

För varje malltåg:

1. Antag att det skall schemaläggas n stycken prognoståg från malltåget p , och antag att det fanns m stycken godståg i T10 som använde malltåget p . De första m godstågen i P30 får då samma avgångstider som de m godstågen i T10. Ta fram medelintervall t mellan de avgående tågen.

2. Om $n > m$ så finns det tåg kvar att tilldela avgångstid till. Tag då alla tåg som redan fått avgångstid och leta rätt på det största glappet mellan två på varandra följande godståg (som använder malltåg p). Om det "får plats" $n-m$ tåg med intervallet t i det funna glappet, ansätts avgångstider med intervallet t efter det sista tåget innan glappet. Om $n-m$ tåg inte får plats i glappet, ansätts alla avgångstider jämnt över dygnet.

Notera att det inte finns någon koppling mellan de olika malltågen. Det kan således komma att anhopa sig prognoståg om det slumpar sig så att malltågens olika avgångar i T10 ligger olyckligt med avseende på uppskalningen av antalet tåg. Detta problem är dock av mindre art eftersom prognostågens avgångar i schemaläggningen av P30 i Marackasen får en förhållandevis stor justeringsmån i form av ett tidsfönster för avgångstiden, t.ex. +/- 1 timme.

I P30 ansätts för resandetågen samma avgångstider som i T10. All tidtabellteknisk tid som ett resandetåg hade i T10 tillåts i P30 omfördelas om det är fördelaktigt för konfliktlösningen. Det betyder att resandetågen i huvudsak behåller sitt trafikmönster.

3.5 Schemaläggning av tågen

Då prognostågen skapats skall dessa schemaläggas. Detta görs med Marackasen. De genererade godstågen för P30 läggs samman med persontågen från T10 och schemaläggs med Marackasen [4], ett optimerande system för tågplanekonstruktion. Marackasen använder samma grunddata som TrainPlan för att konfliktreglera tågen, d.v.s. samma geografi och samma gångtidsdata. Konfliktregleringen som Marackasen använder är samma som används i tågplanekonstruktionen idag av konstruktörerna, huvudsakligen beskriven i föreskrifterna TF601 och TH601 (informell handledning).

Principen för schemaläggningen är att varje tåg har en fastställd väg genom nätet samt en given tågtyp. Varje tåg har också minst en utgångstid angiven (avgångs- eller ankomsttid) samt minsta uppehållstid på de stationer där det finns kommersiella uppehåll. Varje tåg får sedan ett individuellt tidsfönster kring sig på varje tidtabellpunkt, inom vilket tåget måste hålla sig. Storleken på tidsfönstret beror på om de kommersiella uppehållen är att betrakta som fastställda eller skall tas fram: fastställda uppehåll skall respekteras av Marackasen medan de övriga skall tas fram genom konfliktlösningen. För schemaläggningen av P30 har vi ansett att ingen tidtabellpunkt är fastställd.

För godstågen/malltågen har vi valt en typisk tågtyp, GR401410, för samtliga. I en utvecklad version av denna modell så skulle malltågen kunna förfinas och utökas med tågtyp för att få olika gångbeteende på godstågen också.

3.6 Kapacitetsberäkning

Kapacitetsberäkningarna utgår från UIC406 [6] samt från Trafikverkets modell för kapacitetsberäkning [3]. Järnvägsnätet är uppdelat i samma linjedelar som Trafikverket använder i sina redovisningar belastningar [2].

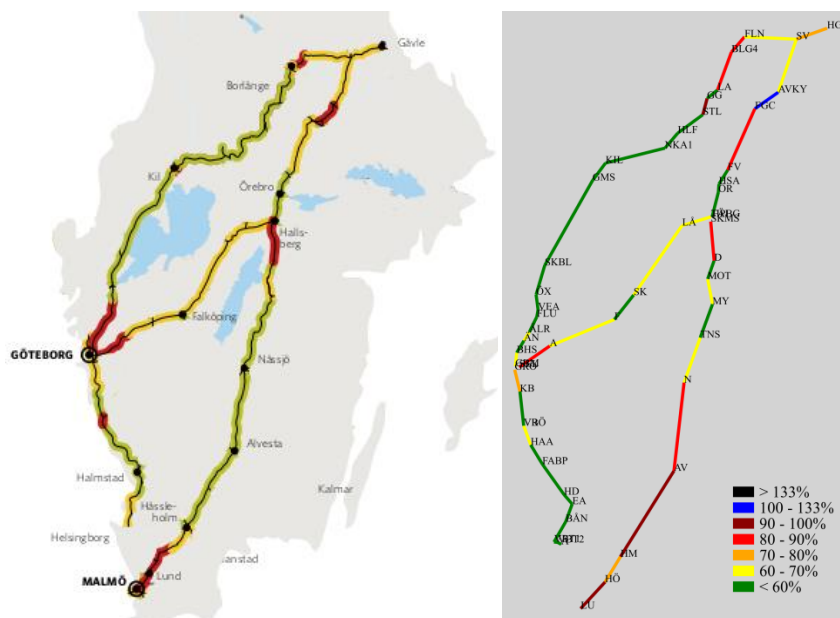
För belastningsberäkning på dubbelspår har vi använt UIC406. I UIC406 görs en "komprimering" av tågplanen för att avgöra hur mycket "luft" det finns i tidtabellen. Komprimeringen görs utan att några gångtider förändras och utan att några förbigångar flyttas. Den komprimerade tågplanen jämförs sedan med den tillgängliga trafiktiden för att avgöra kapacitetsbelastningen i procent. Enligt UIC406 görs denna komprimering så att max ett tåg kan befinna sig på samma blocksträcka, men vi har använt samma metod som Trafikverket: att ansätta ett visst fast tidsavstånd (headway) mellan tågen. Tidsavståndet varierar mellan 3-5 minuter beroende på tågtyp. Vi har på samma sätt som i [3] använt 18 timmars effektivt trafikdygn, d.v.s. 6 timmar avsätts för banarbeten och robusthet. Det betyder att om den komprimerade tidtabellen upptar 18 timmar, så betraktas belastningen vara 100 %², och om den komprimerade tidtabellen upptar 24 timmar är belastningen 133%.

² Trafikverket gör belastningsberäkning både för dygnets totalbelastning (24 timmar) och för de två timmar som har högst belastning. Vi har enbart beaktat totalbelastningen över hela dygnet.

För enkelspår utgår vi från Trafikverkets metod [3], då vi bedömer att UIC406 inte är anpassad för enkelspårsförhållanden.

För att kompensera för utbyggnad från enkelspår till dubbelspår fram till 2030, applicerar vi på sträckor som ska bli dubbelspår UIC406 i den riktning som har mest trafik (medan tåg i andra riktningen inte beaktas). För att kompensera för nya driftplatser på enkelspår antar vi att ny driftplats läggs in mitt på de dimensionerande sträckorna. Det kommer då bli andra sträckor som är dimensionerande och som då är utgångspunkt för kapacitetsberäkningarna. För att kompensera för utbyggnad av fjärrblockering tar vi bort de tidstillägg som enligt [3] läggs på för avsaknad av fjärrblockering.

I Figur 3 görs en jämförelse med de resultat av kapacitetsutnyttjandet som Trafikverket redovisar för 2010 och de resultat som erhålls med projektets metod för kapacitetsutvärdering. Vi anser att överensstämmelsen mellan vår utvärderingsmetod och Trafikverkets är god, men det finns på Södra Stambanan skillnader i resultat som vi inte har kunnat förklara, där vi erhållit ett väsentligt högre kapacitetsutnyttjande. Vi har använt samma linjeuppdelning i bandelar som Trafikverket redovisar. En skillnad i angreppssätt är att Trafikverket utvärderar utfall, medan vi utvärderar den fastställda tidtabellen. Se även avsnitt 3.6.1.



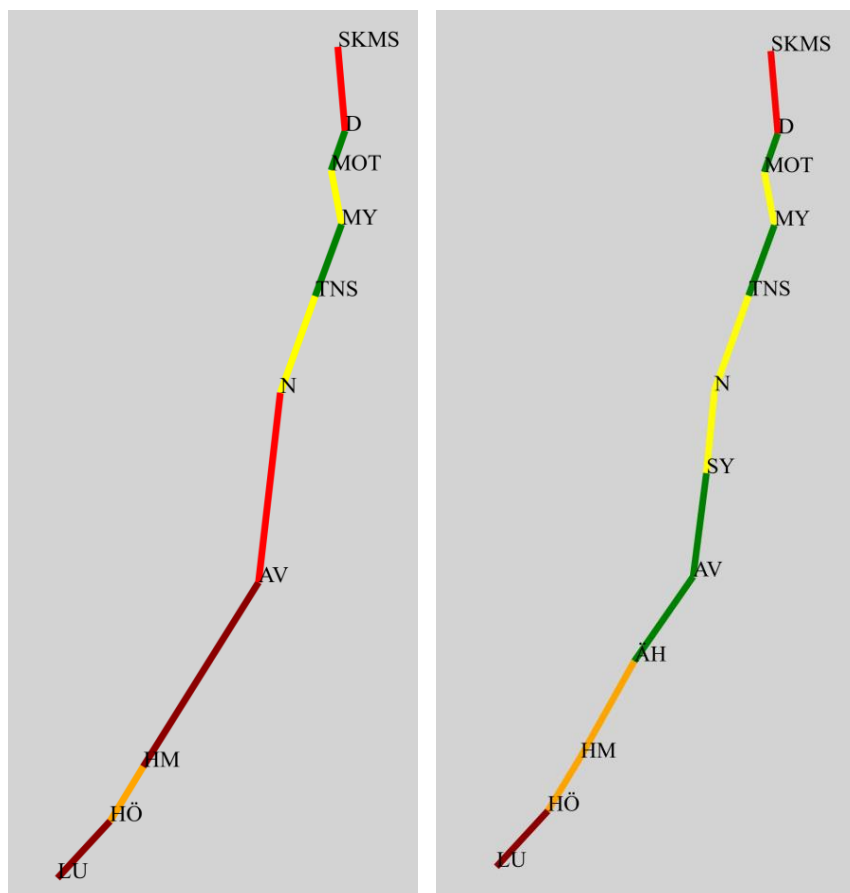
Figur 3: Jämförelse mellan Trafikverkets bild av kapacitetsutnyttjanden 2010 (vänster) med vår kapacitetsmodells resultat av kapacitetsutnyttjandet 2010. Vissa differenser finns, främst på Södra Stambanan mellan Nässjö och Hässleholm.

3.6.1 Kapacitetsmetodens känslighet för långa dubbelspårssträckor

Ett viktigt steg i kapacitetsanalysen är att välja uppdelning av linjedelar som belastningsberäkning appliceras på. (I denna studie har vi använt samma uppdelning som Trafikverket redovisar.) Genom att analysera de formler som används i kapacitetsberäkningen för utnyttjad kapacitet på dubbelspår kan man se att då linjedelarna är långa så kommer kapacitetsuttaget att stiga. Uttaget blir större ju mer heterogen trafiken är. Detta beror på modellens svårighet att korrekt hantera förbigångar på linjen samt att metoden är låst till den tågordning och de förbigångar som finns i tidtabellen. Man kan säga att kapacitetsmodellen som baserar sig på standarden UIC406 mäter hur mycket "luft" det finns i planen genom att komprimera tidtabeller utan att ändra tågordning eller förbigångar. Det betyder i sin tur att ju längre sträckan är, desto större gångtidsskillnader fångas upp på den valda linjedelen, och därmed minskar möjligheten att "pressa" ihop grafen.

För att analysera metodens känslighet för valda linjedelar har vi gjort en känslighetstest på sträckorna HM-AV och AV-N. Vi har brutit upp sträckorna på mitten: HM-AV har brutits upp i ÄH och AV-N i SY.

I Figur 4 visas belastningen på Södra stambanan utan och med linjedelning i SY respektive ÄH, vid belastningsberäkning på T10.



Figur 4: Illustration av UIC406 känslighet för indelning av bandelar (tidtabell T10). I vänstra figuren används Trafikverkets uppdelning, och i den högra införs två nya delningspunkter i SY (Stockaryd) och ÄH (Älmhult), vilket får stora effekter i det beräknade kapacitetsutnyttjandet.

Som framgår av kartorna så blir resultatet väsentligt annorlunda med dessa extra två brytstationer. Från att ha varit i området 90 % -100 % för sträckan HM-AV så blir nu uttagen kapacitet istället 70-80% för sträckan HM-ÄH och <60% för ÄH-AV. På samma sätt sjunker uttaget för AV-N som har 60-70% belastning till <60% på sträckan AV-SY samt 60-70% SY-N.

Vidare har i den rena UIC406-kalkylen svårigheter med att hantera tåg som slutar/börjar mitt på sträckan. ÄH är en sådan station där ett flertal godståg slutar/börjar vilket bidrar till skillnaden i kapacitetsuttag.

Detta exempel visar att kapacitetskalkylen som baseras på UIC406 ger olika resultat beroende på sträckans längd och hur trafiken ser ut på stråket. Trafikverket använder heller inte slaviskt efter de värden som kapacitetskalkylen ger utan gör även en bedömning av situationen stråk för stråk.

4 Genomförda test

Vi har som nämnts tidigare använt den framtagna metoden till fem delsträckorna namngivna mj1-mj5. Dessa representerar en stor del av stamnätet för godstrafik i Sverige bl.a. ingår de fyra stora rangerbangårdarna Hallsberg, Göteborg, Malmö och Borlänge. För vart och ett av delsträckorna har samtliga steg beskrivna i kapitel 3 genomförts.

Helst skulle alla sträckorna ha schemalagts gemensamt men det har av komplexitetsskäl inte varit möjligt att genomföra utan de har schemalagts var för sig. Det betyder att P30-tågen baserade på

malltåg från T10 som går genom flera delsträckor kommer att schemaläggas som separata tåg i respektive delsträcka. Givetvis vore det bra om dessa hade kunnat hållas ihop över den gränsstation som ligger mellan delproblemen. Å andra sidan är antalet godståg många i gränsstationen och eftersom alla godståg i prognosen är standardiserade (d.v.s. inge specifik operatör och utan unika egenskaper) så kan man argumentera att det alltid finns en fortsättning för tåget om det skall vidare. Vi bedömer att denna uppdelning har mycket liten påverkan på slutresultatet, framför allt inte på de uppskattade belastningarna.

Således har matchning av godståg från T10 via malltågen till P30 skett för vart och ett av delproblemen. Sträckorna mj3 och mj4 delar egentligen delen Gävle-Storvik, här har det ena delproblemet (mj3) fått bära den del som fortsätter i mj4. Vidare har vi haft problem med matchningen på sträckan Frövi-Hallsberg där antalet tåg som modellen genererar i matchnings-steget vida översteg det som finns presenterat i prognosen i [1]. Vi har då minskat antalet godståg på den sträckan så att det i huvudsak sammanfaller med [1]. För samtliga delproblem har persontågen från T10 bibehållits till P30.

För mj4 har en speciell gångtidsmall skapats då den valda godstågstypen inte verkar klara backen vid Ryggen på sträckan Storvik – Falun. För att inte behöva ändra tågtyp för samtliga problem har vi valt att bibehålla vår tågtyp som standardtågtyp för alla delproblem men låtit GR401410 få egenskapen att den klarar Ryggenbacken men med vissa besvär.

Vi har valt ”en typisk torsdag i maj” som typdag (vilket sammanfaller med dag 166 i T10, den 20:e maj). Vi har betraktat resandetågen som sökte på samma sätt som de ligger i T10, d.v.s. den tidtabelltekniska tiden som finns i T10 får Marackasen använda för konfliktregleringen men de platser där resandetågen har kommersiellt utbyte får inte ankomsttiden/avgångstiden ändras. För godstågen har ett tidsfönster lagts till vilket varierar med respektive problem.

V har använt samma schemalägningsregler för sträckan Kil - Ställdalen som för övriga sträckor eftersom Marackasen inte har regler för schemaläggning av TAM-banor.

I bilaga 1 redovisas de genererade godstågen för P30.

5 Resultat

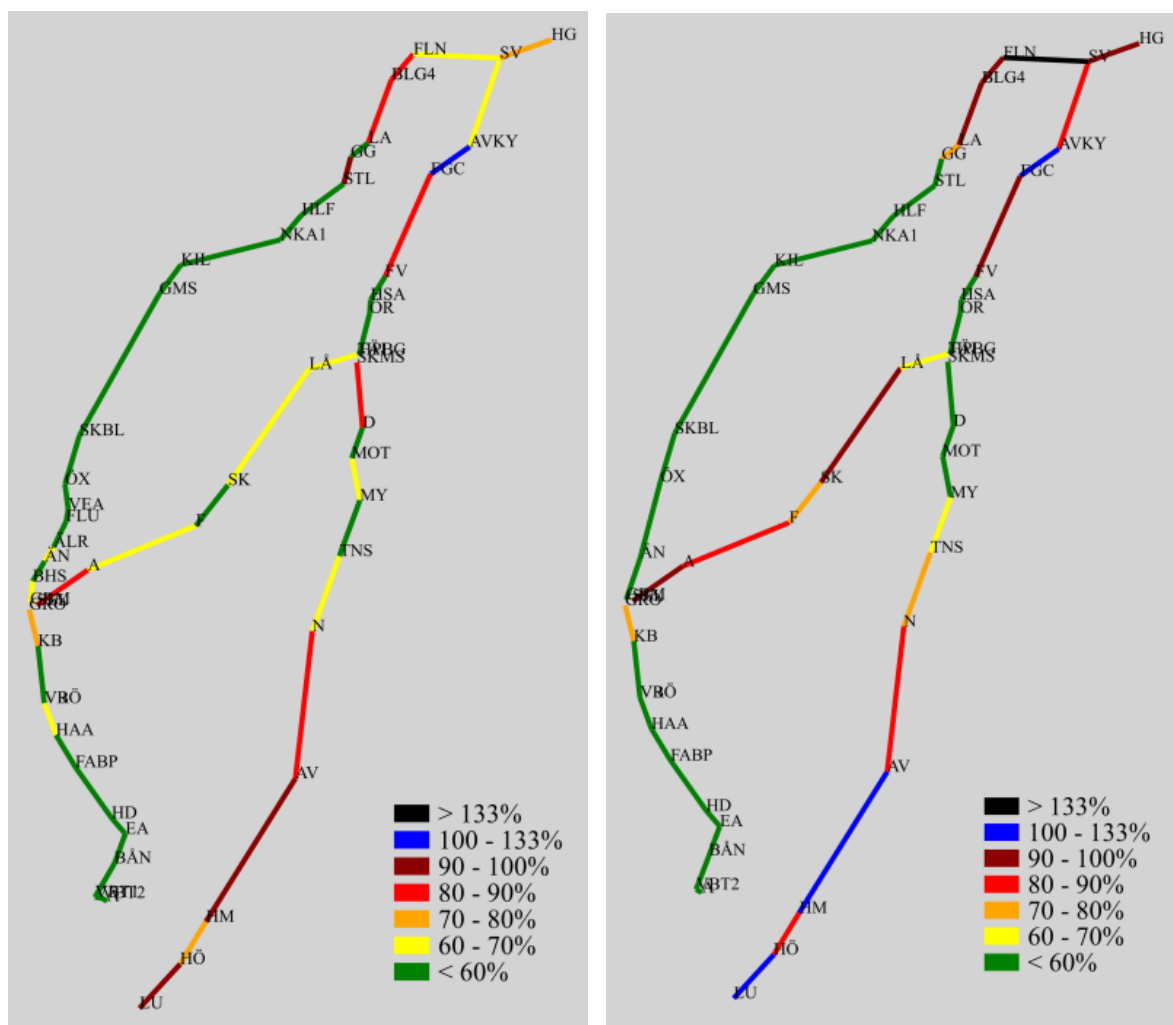
Eftersom underlagen är osäkra och eftersom vi har tvingats skapa godstågen från förhållandevis enkla grunddata (antal tåg på en viss sträcka per dygn) så skall givetvis resultaten från denna studie tas med en stor nypa salt. Icke desto mindre förstår vi det som att denna typ av kalkyl inte har genomförts tidigare och ger ändå en indikation om var de största problemen finns.

Kapacitetskalkylen i sig är en svaghet då den för dubbelspår är mycket känslig för sträckans längd (se 3.6.1). Vad vi kan dra slutaster av är att *skillnaden* mellan T10 och P30, inte så mycket av de faktiska värdena för respektive mätsträcka.

I Figur 5 visas kapacitetskartorna för T10 (till vänster) och P30 (till höger), detaljer redovisas även i tabell nedan. Det är framför allt nordligaste delarna av Bergslagsbanan och Godsstråket genom Bergslagen samt Södra Stambanan söder om Alvesta som sticker ut mest, men även på västra stambanan ökar belastningen. Grafen för Gävle och vidare söderut ser mycket tät ut även om trafiken teoretiskt ryms (gick i huvudsak att konfliktreglera). Vidare kan vi konstatera att dubbelspårutbyggnaden Hallsberg-Motala får effekt i P30.

Vad gäller den utvecklade metoden så har den visat sig fungera bra. Den svaga länken ur ett komplexitetsperspektiv tidtabellläggningen. Vi har klarat av att konfliktreglera de fem delproblemen var för sig men inte tillsammans. Det är också detta steg som tar längst tid att genomföra i ren exekveringstid på dator. Vi använder oss av ett av de mest potenta optimeringssystemen som finns att köpa för pengar idag, CPLEX. Utvecklingen går visserligen framåt både vad gäller själva programvaran liksom för hårdvaran men konfliktlösningen utgör för närvarande den svaga länken när det gäller hur

stora områden som kan hanteras samtidigt. Samtidigt tycker vi att den storlek på områden som kan undersökas med metoden är så pass omfattande att metoden är intressant att använda för den här typen av undersökningar.



Figur 5: Kapacitetsutnyttjandet 2010 jämfört med kapacitetsutnyttjandet 2030, enligt prognostiserad utveckling av godstransporter på järnväg och planerad utbyggnad av infrastruktur.

Nedanstående tabell sammanfattar skillnaderna i belastning per stråk. Där belastningen är större än 80 % har stråket markerats med röd färg i tabellen. Belastningen för T10 är de värden som beräknats fram i detta projekt (och alltså inte värden från [2].)

Sträcka	Länktyp T10	Belastning T10	Spårtyp P30	Belastning P30	Belastningsskillnad	Anm.
mj1: Hallsberg- Lund						
D-SKMS	single	82.04%	double	49.99%	-32.05%	Blir dubbelspår
D-MOT	double	19.99%	double	23.08%	3.10%	
MY-MOT	single	65.84%	double	37.72%	-28.12%	blir dubbelspår
MY-TNS	double	45.27%	double	62.52%	17.25%	
TNS-N	double	60.94%	double	77.85%	16.92%	
N-AV	double	88.04%	double	86.12%	-1.93%	

AV-HM	double	94.43%	double	107.02%	12.59%
HM-HÖ	double	72.15%	double	87.61%	15.46%
HÖ-LU	double	99.88%	double	110.71%	10.83%
mj2: Hallsberg-Göteborg					
TÄL-LÅ	double	60.62%	double	69.47%	8.84%
LÅ-SK	double	68.10%	double	90.18%	22.09%
SK-F	double	59.93%	double	77.75%	17.83%
F-A	double	67.86%	double	84.73%	16.88%
SEL-A	double	83.52%	double	99.10%	15.58%
mj3: Gävle-Hallsberg					
SV-HG	single	75.33%	single	98.78%	23.45%
AVKY-SV	single	66.80%	single	82.90%	16.10%
FGC-AVKY	single	102.56%	single	109.12%	6.57%
FV-FGC	single	80.98%	single	96.16%	15.18%
FV-HSA	double	32.36%	double	24.67%	-7.69%
ÖR-HSA	double	37.12%	double	30.24%	-6.88%
ÖR-HPBG	double	55.31%	double	41.06%	-14.25%
mj4: Storvik-Kil-Göteborg					
FLN-SV	single	68.53%	single	190.78%	122.25%
BLG4-FLN	single	81.47%	single	97.41%	15.94%
LA-BLG	single	88.11%	single	94.96%	6.85%
GG-LA	single	44.34%	single	73.16%	28.81%
STL_H-GG_H	single	20.31%	double	33.63%	-57.14%
STL_S-GG_S	single	90.77%			
HLF-STL	single	24.44%	single	46.44%	22.00%
NKA1-HLF	single	26.06%	single	27.99%	1.93%
KIL-NKA1	single	11.75%	single	20.08%	8.33%
GMS-KIL	single	45.91%	single	37.22%	-8.68%
SKBL-GMS	single	35.10%	single	44.17%	9.07%
ÖX-SKBL	single	36.81%	single	50.33%	13.52%
VEA-ÖX	double	33.13%			
FLU-VEA	single	55.94%			
ÄLR-FLU	double	26.34%			
ÄN-ÄLR	single	60.07%	double	40.20%	-19.87%
BHS-ÄN	double	18.43%			
GBM-BHS	single	68.21%	double	37.70%	-30.50%
mj5: Göteborg-					

används som dubbelspår
Blir dubbelspår P30

Hela sträckan ÖX-BHS
blir dubbelspår

Ängelholm					
VBT1-BÅN	single	49.07%			
VBT2-VBT1	double	14.49%	double	21.72%	-27.35%
VB-HAA	single	66.32%	double	26.76%	-39.57%
KB-GRO	double	70.12%	double	77.65%	7.53%
VRÖ-KB	double	33.04%	double	37.56%	4.51%
VB-VRÖ	double	31.56%	double	38.14%	6.58%
HAA-FABP	double	28.58%	double	39.04%	10.47%
HD-FABP	double	33.00%	double	38.87%	5.87%
EA-HD	double	25.75%	double	24.82%	-0.94%
BÅN-EA	double	12.72%	double	17.18%	4.46%
Ä-VBT2	single	39.36%	double	22.52%	-16.84%

BÅN-Ä blir dubbelspår

blir dubbelspår

6 Diskussion och förslag till fortsatt arbete

Att prognoserna är uttryckta i termer av antal tåg som passerar ett visst linjesegment under ett dygn är problematiskt då vi önskar undersöka möjligheten för infrastrukturen att producera denna trafik. Vi skulle önska att prognosen var tydligare uttryckt som "riktiga" tåg mellan två orter istället, helst även med ett avgångsintervall. Frågan "räcker produktionsmedlen till" (d.v.s. räcker infrastrukturen till) kan bara besvaras då vi vet vilka produkter som skall tillverkas (d.v.s. vilka tåg som skall konfliktfritt ledas fram). Att bara ge prognosen som antal tåg som passerar en viss punkt i nätet säger inte tillräckligt om vilka produkter (tåg) som vi tror skall produceras i farmtiden. De flesta industrier brukar göra prognoser i termer av produkter, inte i termer av vad delar av produktionsapparaten kommer att producera. Vi efterlyser således prognoser i termer av tåg som går mellan två punkter i nätet och inom vilket tidsspänn det är intressant att tåget avgår. Sådana prognoser ersätter stegen som beskrivs i stycke 2.2 och 2.3. En annan osäkerhet i prognoserna som även framhålls i [1] är att osäkerheten kring tågens fyllnadsgrad.

Vi har i de tester vi genomfört fryst persontågstrafiken till den nivå som gällde basåret 2010. Detta för att undersöka en undre gräns för möjligheten att klara av godstrafiken 2030. I själva verket antas även persontrafiken öka till 2030. När nu metoden finns är det av intresse att även undersöka denna aspekt, d.v.s. med prognoser för både persontåg och godståg.

Vi har i testerna enbart använt en godstågstyp eftersom vi inte vet vilka godståg som kommer att användas. Metoden skulle behöva utvecklas med fler godstågstyper för att bli mer rättvisande. Det finns två möjligheter att göra detta. Antingen så utgår man från de tågtyper som finns i T10 och anser att de representerar en korrekt fördelning av olika tågtyper och skalar dessa till P30. Detta skulle i så fall göras i matchningssteget beskrivet i stycke 2.2. Eller så är tågtypen en del av en utvecklad prognos för trafiken där tåg är beskrivna i mer detalj såsom diskuterades tidigare (och i så fall behöver inte steget i styck 2.2 genomföras)

Ett resultat av att bara använda en godstågstyp är att det framgår ganska tydligt att kolonnkörning lönar sig. Infrastrukturen har mycket enklare att producera mer trafik om tågen rör sig på ett likartat sätt. Ju mer lika tågen är, ju fler går det in. Detta motsvarar standardisering i tillverkningsindustrin, ju mer lika produkterna är desto effektivare produktion med mindre ställtid mellan tillverkning av olika produkter. Vidare så ser vi också att två godståg med samma egenskap som kör tätt inpå varandra kan vara ett sätt att "simulera" långa godståg (d.v.s. godståg med längd större än 750 m). Det är dyrt att bygga ut infrastrukturen så att längre tåg än den nuvarande standardlängden 630 meter kan hanteras. Genom att låta två tåg köra som ett par kan samma mängd vagnar förflyttas som i ett 1100 meter långt godståg med ett något högre kapacitetsuttag. Det ställer dock krav på terminalhanteringen så att de båda tågen verkligen kommer ut i par och att då båda tågen får plats då de når sina respektive bestämningstationer.

Att kvantitativt mäta kapacitetsutnyttjandet är komplext. UIC406 har blivit något av en branschstandard och är också utgångspunkten för Trafikverkets metod för analys av dubbelspår. Beroende på hur man applicerar UIC406 kan man dock få väldigt olika resultat, vilket gör att metoden inte är ett så objektivt mått som man kan önska. Trafikverket tar också höjd för detta genom att komplettera de kvantitativa beräkningarna med kvalitativa bedömningar för att få ett resultat som bedöms som mer rättvisande. UIC406 är också dåligt anpassad för enkelspår, varför Trafikverket har tagit fram en egen metod för analys av dessa. Även om vi anser att Trafikverkets metod är välgrundad och används med god fingertoppskänsla, kan konceptet ändå utvecklas för att ge entydigare och än mer vetenskapligt välgrundade kvantitativa mått.

Den framtagna metoden undersöker möjligheterna att klara av det framtida kapacitetsbehovet 2030 på linjenätet. Det saknas dock undersökningar om terminaler, rangerbangårdar och planväxlingsbangårdar räcker till. En nödvändig utveckling för att kunna svara på frågan om infrastrukturen räcker till 2030 är att undersöka dessa produktionsresurser också. Ett första steg i den riktningen skulle kunna vara att förse detta material med belastningsgrafer som visar antal ankommande och avgående tåg för respektive bangård. Genom att rita ut dessa grafiskt kan en rimlighetsbedömning göras. Återigen så skulle en prognos i termer av flöden mellan orter underlätta en sådan analys, den nuvarande prognosen med antal tåg per sträcka är svår att använda för t.ex. att bedöma hur stora volymer som t.ex. skall rangeras.

Givet resultatet från KLIPS (tågplan/tidtabell för de viktigaste transportstråken som sedan kapacitetsberäknats med Trafikverkets version av standarden UIC406) så är kapaciteten kritisk i vissa delar av nätet. Vi önskar gå vidare och undersöka olika alternativ till åtgärder. Syftet är att peka ut olika (alternativa) insatser som kan göras för att komma tillrätta med det prognostiserade överuttaget av kapacitet i järnvägsnätet. Exempel på sådana insatser utgör utbyggd infrastruktur såsom fler mötes- och förbigångsspår men också alternativa sätt att bedriva trafiken: tyngre och längre godståg, kolonnkörning av godståg, samt variera mängden persontåg (på samma sätt som för godståg som kan köras tyngre och längre så kan antalet persontåg ändras om flödena av resande realiserar på olika sätt). Lastbalansering av godstrafiken över olika alternativa banor/stråk är också intressant att utföra. Det överordnade syftet är att använda den i KLIPS framtagna metoden för att undersöka var olika insatser behöver göras för att till 2030 ha en infrastruktur som möter det prognostiserade behovet.

Ytterligare en aspekt utgör störningsanalys av den tidtabell som är ett resultat av att använda KLIPS-metoden. För att kapaciteten skall kunna värderas tas en tidtabell fram för den del av nätet som undersöks. Denna tidtabell kan vara teoretiskt körbar men extremt känslig och därför inte genomförbar i praktiken. Ett önskemål är att finna mått/nyckeltal för störningskänslighet för att bättre kunna avgöra relevansen i det framtagna materialet. Den första modellen/metoden från det första KLIPS-projektet tidtabelläger trafiken, som är korrekt med avseende på konstruktionsreglerna som används idag vid konstruktion av tågplanen, men tidtabellerna ser mycket "tigha" ut.

7 Referenser

- [1] Nelldal, Bo-Lennart, Prognos för antal godståg på järnvägsnätet 2030, 2014.
- [2] Grimm, Magdalena, Järnvägens kapacitetsutnyttjande och kapacitetsbegränsningar 2013
- [3] Trafikverket, BVH 706 Beräkningshandledning Hjälpmedel för samhällsekonomiska bedömningar inom järnvägssektorn
- [4] M Forsgren, M Aronsson, S Gestrelus, Maintaining tracks and traffic flow at the same time, Journal of Rail Transport Planning & Management 01/2014
- [5] Nationell plan för transportsystemet 2014-2025, Trafikverket, <http://www.trafikverket.se/Foretag/Planera-och-utreda/Planer-och-beslutsunderlag/Nationell-planering/Nationell-plan-for-transportsystemet-2014--2025/>
- [6] UIC Leaflet 406 Capacity,

1 Bilaga

Grundläggande tidtabelldata för godstågen i P30.

Mj1

100001	LU	MY	19:45	100069	SKMS	LU	14:27
100002	LU	MY	22:28	100070	SKMS	LU	6:13
100003	LU	MY	20:46	100071	SKMS	LU	18:11
100004	LU	MY	12:17	100072	SKMS	LU	15:34
100005	LU	MY	22:13	100073	SKMS	LU	17:45
100006	LU	MY	29:22	100074	SKMS	LU	23:48
100007	LU	MY	16:1	100075	SKMS	LU	12:59
100008	LU	MY	25:55	100076	SKMS	LU	2:34
100009	LU	MY	32:50	100077	SKMS	LU	22:13
100010	LU	MY	14:9	100078	SKMS	LU	2:41
100011	LU	MY	17:53	100079	SKMS	LU	0:25
100012	LU	MY	24:11	100080	SKMS	LU	9:17
100013	LU	MY	31:6	100081	SKMS	LU	11:8
100014	LU	SKMS	17:52	100082	SKMS	LU	4:27
100015	LU	SKMS	20:14	100083	SKMS	LU	7:45
100016	LU	SKMS	14:31	100084	SKMS	LU	19:41
100017	LU	SKMS	11:13	100085	SKMS	LU	16:39
100018	LU	SKMS	8:52	100086	SKMS	LU	10:12
100019	LU	SKMS	0:47	100087	SKMS	LU	12:3
100020	LU	SKMS	2:50	100088	LU	N	20:26
100021	LU	SKMS	18:4	100089	LU	N	18:47
100022	LU	SKMS	10:12	100090	LU	N	31:36
100023	LU	SKMS	5:51	100091	LU	N	26:1
100024	LU	SKMS	22:31	100092	LU	N	37:11
100025	LU	SKMS	16:11	100093	LU	AV	9:13
100026	LU	SKMS	12:52	100094	LU	AV	21:13
100027	LU	SKMS	4:21	100095	LU	AV	15:13
100028	LU	SKMS	7:22	100096	LU	AV	27:13
100029	LU	SKMS	21:22	100097	LU	AV	12:13
100030	LU	SKMS	23:39	100098	LU	AV	18:13
100031	LU	SKMS	19:9	100099	LU	AV	24:13
100032	LU	SKMS	1:49	100100	LU	AV	30:13
100033	HM	N	19:8	100101	LU	AV	10:43
100034	HM	MY	20:22	100102	LU	AV	13:43
100035	HM	MY	14:0	100103	LU	AV	16:43
100036	HM	MY	18:42	100104	N	LU	23:10
100037	HM	MY	29:11	100105	N	LU	1:6
100038	HM	SKMS	20:8	100106	N	LU	12:8
100039	HM	SKMS	21:50	100107	AV	LU	11:37
100040	SY	SKMS	3:44	100108	AV	LU	23:37
100041	SY	SKMS	17:1	100109	AV	LU	17:37
100042	SY	SKMS	10:22	100110	AV	LU	29:37
100043	SKMS	SY	4:25	100111	AV	LU	14:37
100044	SKMS	SY	17:15	100112	AV	LU	20:37
100045	SKMS	SY	18:23	100113	AV	LU	26:37
100046	VS	SKMS	10:30	100114	AV	LU	32:37
100047	MY	LU	21:22	100115	AV	LU	13:7
100048	MY	LU	0:11	100116	AV	LU	16:7
100049	MY	LU	17:0	100117	AV	LU	19:7
100050	MY	LU	1:54	100118	AV	LU	22:7
100051	MY	LU	1:30	100119	BX	SKMS	14:37
100052	MY	LU	22:28	100120	BX	SKMS	15:39
100053	MY	LU	23:44	100121	BX	SKMS	27:8
100054	MY	LU	9:27	100122	SKMS	BX	7:55
100055	MY	LU	5:41	100123	SKMS	BX	2:0
100056	MY	LU	13:14	100124	SKMS	BX	16:57
100057	MY	LU	19:11	100125	N	SKMS	20:18
100058	MY	LU	3:48	100126	N	SKMS	32:18
100059	MY	LU	11:20	100127	SKMS	N	2:25
100060	MY	LU	7:34	100128	LU	ÄH	4:44
100061	MY	LU	15:7	100129	LU	ÄH	1:18
100062	MY	HM	16:39	100130	LU	ÄH	14:53
100063	MY	HM	23:1	100131	LU	ÄH	20:6
100064	MY	HM	4:28	100132	LU	ÄH	9:49
100065	MY	HM	10:33	100133	LU	ÄH	17:29
100066	SKMS	LU	21:12	100134	LU	ÄH	22:42
100067	SKMS	LU	21:42	100135	LU	ÄH	7:16
100068	SKMS	LU	1:15	100136	LU	ÄH	12:21

100137	BX	SKN	10:16
100138	BX	SKN	22:16
100139	SKN	BX	11:46
100140	SY	MY	10:25
100141	SY	MY	22:25
100142	N	ÄH	10:4

100143	ÄH	N	19:4
100144	ÄH	LU	9:31
100145	ÄH	LU	22:0
100146	ÄH	LU	15:45
100147	ÄH	LU	27:45
100148	ÄH	LU	12:38

Mj2

100001	TÄL	SEL	2:52
100002	TÄL	SEL	17:16
100003	TÄL	SEL	0:24
100004	TÄL	SEL	4:14
100005	TÄL	SEL	19:42
100006	TÄL	SEL	20:47
100007	TÄL	SEL	23:42
100008	TÄL	SEL	20:53
100009	TÄL	SEL	14:49
100010	TÄL	SEL	22:7
100011	TÄL	SEL	0:18
100012	TÄL	SEL	1:6
100013	TÄL	SEL	3:15
100014	TÄL	SEL	10:15
100015	TÄL	SEL	1:0
100016	TÄL	SEL	2:31
100017	TÄL	SEL	1:27
100018	TÄL	SEL	4:23
100019	TÄL	SEL	8:26
100020	TÄL	SEL	7:42
100021	TÄL	SEL	13:45
100022	TÄL	SEL	12:0
100023	TÄL	SEL	6:3
100024	TÄL	SEL	16:2
100025	TÄL	SEL	18:29
100026	TÄL	SEL	9:21
100027	TÄL	SEL	11:8
100028	TÄL	SEL	12:52
100029	TÄL	SEL	5:13
100030	TÄL	SEL	6:52
100031	TÄL	SEL	22:55
100032	TÄL	SEL	21:30
100033	TÄL	SEL	15:26
100034	TÄL	SEL	16:39
100035	TÄL	SEL	17:52
100036	TÄL	SEL	19:5
100037	TÄL	SEL	20:15
100038	TÄL	SEL	14:17
100039	TÄL	SEL	1:59
100040	TÄL	SEL	3:44
100041	F	LÅ	22:0
100042	LÅ	F	8:29
100043	SEL	TÄL	22:41
100044	SEL	TÄL	21:49
100045	SEL	TÄL	20:12
100046	SEL	TÄL	19:32
100047	SEL	TÄL	21:40
100048	SEL	TÄL	20:37
100049	SEL	TÄL	21:10
100050	SEL	TÄL	22:34

100051	SEL	TÄL	17:38
100052	SEL	TÄL	22:50
100053	SEL	TÄL	10:11
100054	SEL	TÄL	7:35
100055	SEL	TÄL	17:29
100056	SEL	TÄL	11:44
100057	SEL	TÄL	18:12
100058	SEL	TÄL	12:19
100059	SEL	TÄL	20:33
100060	SEL	TÄL	21:45
100061	SEL	TÄL	21:2
100062	SEL	TÄL	15:30
100063	SEL	TÄL	19:19
100064	SEL	TÄL	15:12
100065	SEL	TÄL	3:21
100066	SEL	TÄL	0:46
100067	SEL	TÄL	5:28
100068	SEL	TÄL	13:45
100069	SEL	TÄL	8:53
100070	SEL	TÄL	2:3
100071	SEL	TÄL	4:25
100072	SEL	TÄL	6:32
100073	SEL	TÄL	16:30
100074	SEL	TÄL	23:48
100075	SEL	TÄL	10:58
100076	SEL	TÄL	13:2
100077	SEL	TÄL	14:28
100078	SEL	TÄL	8:14
100079	SEL	TÄL	9:32
100080	SEL	TÄL	1:24
100081	SEL	TÄL	2:42
100082	SEL	TÄL	18:45
100083	F	SEL	14:34
100084	F	SEL	17:2
100085	F	SEL	20:33
100086	F	SEL	14:25
100087	SEL	SK	8:11
100088	SEL	F	0:39
100089	SEL	F	2:31
100090	SEL	F	21:14
100091	LÅ	F L3	6:42
100092	LÅ	F L3	2:54
100093	F L3	LÅ	22:23
100094	F L3	LÅ	21:3
100095	TÄL	F L3	18:52
100096	F L3	TÄL	1:19
100097	SEL	LÅ	7:18
100098	SEL	LÅ	19:18
100099	LÅ	SEL	16:47
100100	LÅ	SEL	28:47

Mj3

100001	HPBG	SV	2:53
100002	HPBG	SV	0:17
100003	HPBG	SV	14:22
100006	HPBG	SV	14:3
100007	HPBG	SV	4:6
100010	HPBG	SV	23:22
100011	HPBG	SV	18:15
100012	SV	HPBG	19:32
100013	SV	HPBG	22:51
100014	SV	HPBG	9:5

100017	SV	HPBG	15:33
100018	SV	HPBG	6:51
100020	SV	HPBG	4:3
100021	SV	HPBG	12:45
100022	SNT	GÄB	23:7
100023	GÄB	SNT	12:30
100024	GÄB	SNT	21:46
100025	HPBG	AVKY	0:37
100027	HPBG	AVKY	23:9
100029	HPBG	AVKY	5:34

100031	HPBG	AVKY	19:59
100033	HPBG	GÄB	1:40
100035	HPBG	GÄB	12:35
100036	HPBG	GÄB	7:7
100037	HPBG	GÄB	18:3
100038	HPBG	GÄB	4:23
100040	HPBG	GÄB	15:19
100041	HPBG	GÄB	20:47
100042	HPBG	GÄB	3:1
100044	HPBG	GÄB	13:57
100046	HPBG	GÄB	5:29
100047	SV	SNT	21:17
100050	GÄB	HPBG	5:41
100051	GÄB	HPBG	13:5
100052	GÄB	HPBG	25:5
100053	GÄB	HPBG	9:18
100055	GÄB	HPBG	22:52
100056	GÄB	HPBG	27:18
100057	GÄB	HPBG	7:24
100058	GÄB	HPBG	11:11
100059	AVKY	GÄB	22:17
100060	AVKY	GÄB	3:38
100061	AVKY	GÄB	13:3
100062	AVKY	GÄB	8:25
100063	AVKY	GÄB	17:40
100065	AVKY	GÄB	6:6
100067	AVKY	GÄB	10:44
100068	AVKY	GÄB	19:59
100069	AVKY	GÄB	23:40

100071	AVKY	HPBG	19:54
100073	AVKY	HPBG	16:3
100075	AVKY	HPBG	22:26
100078	AVKY	HPBG	31:30
100080	AVKY	HPBG	35:46
100083	AVKY	HPBG	33:38
100085	AVKY	HPBG	17:18
100087	HPBG	FS	14:44
100088	HPBG	FGC	17:6
100089	HPBG	FGC	29:6
100091	GÄB	AVKY	3:30
100092	GÄB	AVKY	23:30
100093	GÄB	AVKY	35:30
100095	GÄB	AVKY	26:30
100096	GÄB	AVKY	32:30
100097	GÄB	AVKY	38:30
100098	GÄB	AVKY	19:0
100099	GÄB	AVKY	22:0
100102	HPBG	GÄ4	25:34
100103	HPBG	GÄ4	19:34
100104	HPBG	GÄ4	31:34
100106	GÄ4	HPBG	5:22
100108	GÄ4	HPBG	17:26
100109	GÄ4	HPBG	11:28
100110	GÄ4	HPBG	23:24
100112	GÄ4	HPBG	20:25
100113	GÄ4	HPBG	14:27
100114	GÄ4	HPBG	26:23
100115	GÄ4	HPBG	6:59

Mj4

100001	STL	BLG	23:40
100002	STL	BLG	4:25
100003	STL	BLG	22:52
100004	STL	BLG	4:36
100005	STL	BLG	22:31
100006	STL	BLG	14:23
100007	STL	BLG	21:52
100008	STL	BLG	3:55
100009	STL	BLG	9:30
100010	STL	BLG	18:8
100011	STL	BLG	7:3
100012	STL	BLG	11:57
100013	STL	BLG	25:48
100014	STL	BLG	16:15
100015	BLG3	STL	14:26
100016	BLG	STL	20:7
100017	BLG	STL	0:19
100018	BLG	STL	10:33
100019	BLG	STL	18:7
100020	BLG	STL	7:32
100021	BLG	STL	21:25
100022	BLG	STL	14:20
100023	BLG	STL	3:55
100024	BLG	STL	12:26
100025	BLG	STL	16:13
100026	BLG	STL	2:7
100027	BLG	STL	5:43
100028	BLG	STL	9:2
100029	BLG4	SV	11:51
100030	BLG4	SV	17:2
100031	BLG4	SV	20:24
100032	BLG4	SV	6:46
100033	BLG4	SV	2:3
100034	BLG4	SV	6:22
100035	BLG4	SV	11:25
100036	BLG4	SV	13:52
100037	BLG4	SV	14:23
100038	BLG4	SV	21:55
100039	BLG4	SV	0:40
100040	BLG4	SV	18:28
100041	BLG4	SV	12:52
100042	BLG4	SV	9:6
100043	BLG4	SV	4:13

100044	BLG4	SV	23:18
100045	BLG4	SV	15:42
100046	BLG4	SV	7:56
100047	BLG4	SV	10:15
100048	BLG4	SV	3:8
100049	SV	BLG4	21:54
100050	SV	BLG4	22:4
100051	SV	BLG4	6:40
100052	SV	BLG4	13:39
100053	SV	BLG4	19:13
100054	SV	BLG4	23:9
100055	SV	BLG4	3:52
100056	SV	BLG4	4:57
100057	SV	BLG4	12:14
100058	SV	BLG4	13:56
100059	SV	BLG4	4:11
100060	SV	BLG4	23:29
100061	SV	BLG4	9:27
100062	SV	BLG4	16:34
100063	SV	BLG4	25:40
100064	SV	BLG4	8:3
100065	SV	BLG4	10:51
100066	SV	BLG4	20:33
100067	SV	BLG4	15:15
100068	SV	BLG4	17:54
100069	GBM	ML	5:13
100070	ML	GBM	11:30
100071	ML	GBM	23:30
100072	GBM	ÖX2	6:23
100073	GBM	GMS	16:26
100074	GBM	GMS	5:40
100075	GBM	GMS	23:3
100076	KIL	GBM	23:35
100077	KIL	GBM	18:30
100078	KIL	GBM	33:2
100079	KIL	GBM	28:18
100080	GBM	BLG	0:20
100081	GBM	BLG	12:20
100082	BLG	GBM	12:37
100083	BLG	GBM	24:37
100084	BLG	GBM	18:37
100085	GBM	KIL	21:56
100086	GBM	KIL	4:2

100087	GBM	KIL	12:59
100088	GMS	HLF	14:22
100089	HLF	BLG	17:20
100090	HLF	BLG	13:16
100091	HLF	BLG	27:18
100092	HLF	BLG	22:19
100093	HLF	BLG	32:17
100094	HLF	BLG	19:49
100095	BLG	HLF	3:0
100096	BLG	HLF	15:0
100097	BLG	HLF	9:0
100098	BLG	HLF	21:0
100099	BLG	HLF	6:0
100100	HLF	GMS	6:30
100101	GBM	SKBL	23:16
100102	GBM	SKBL	20:3
100103	GBM	SKBL	0:53
100104	GBM	SKBL	23:52
100105	GBM	SKBL	4:15
100106	GBM	SKBL	20:9

100107	GBM	SKBL	12:9
100108	GBM	SKBL	8:12
100109	GMS	GBM	0:45
100110	GMS	GBM	12:45
100111	SKBL	GBM	13:21
100112	SKBL	GBM	21:28
100113	SKBL	GBM	17:20
100114	SKBL	GBM	18:15
100115	SKBL	GBM	8:33
100116	SKBL	GBM	19:32
100117	SKBL	GBM	27:1
100118	SKBL	GBM	24:14
100119	SKBL	GBM	29:47
100120	SKBL	GBM	10:57
100121	HFR	BLG4	5:37
100122	HFR	BLG4	17:37
100123	BLG4	HFR	15:50
100124	BLG4	HFR	27:50
100125	GBM	ÖX	2:2

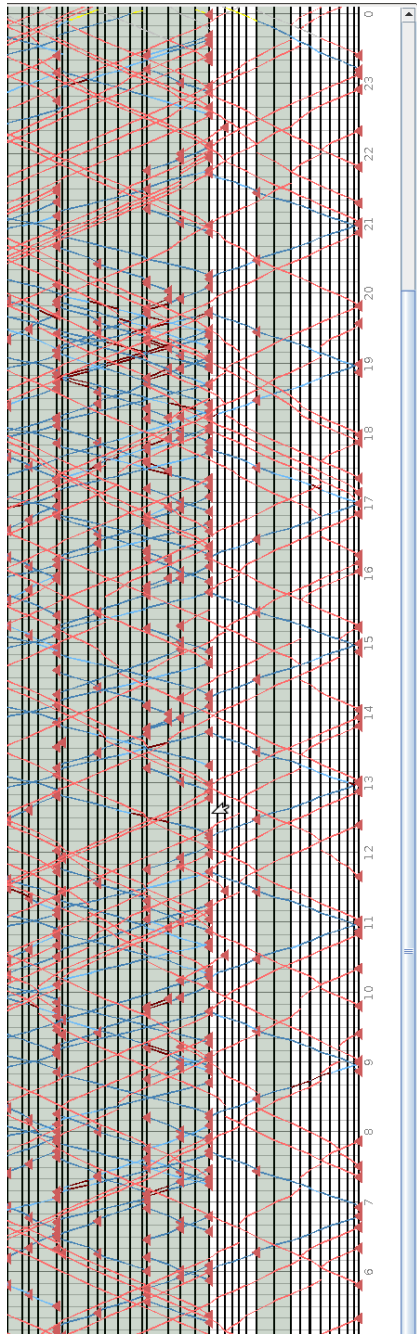
Mj5

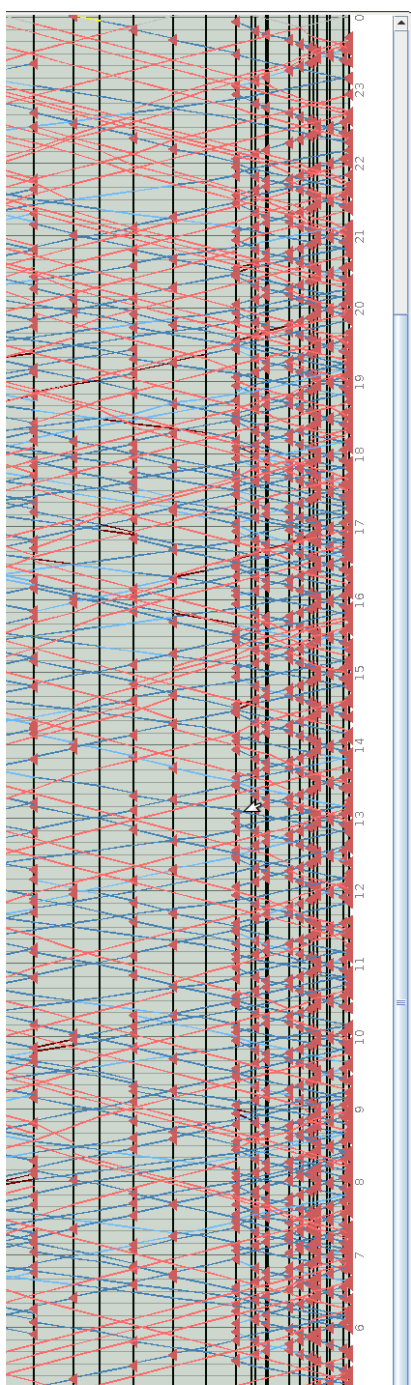
100001	EA	GRO	23:53
100002	EA	GRO	20:43
100003	EA	GRO	22:57
100004	EA	GRO	21:47
100005	EA	GRO	34:18
100006	EA	GRO	29:6
100007	EA	GRO	39:31
100008	EA	GRO	26:29
100009	EA	GRO	31:42
100010	Ä	GRO	19:22
100011	Ä	GRO	17:26
100012	Ä	GRO	11:23
100013	Ä	GRO	27:22
100014	Ä	GRO	23:22
100015	Ä	VB	13:21
100016	VB	GRO	15:39
100017	VB	GRO	18:20
100018	HDR	GRO	17:4
100019	HDR	GRO	15:32
100020	HDR	GRO	28:18
100021	GRO	EA	19:33
100022	GRO	EA	1:10
100023	GRO	EA	23:54
100024	GRO	EA	23:3

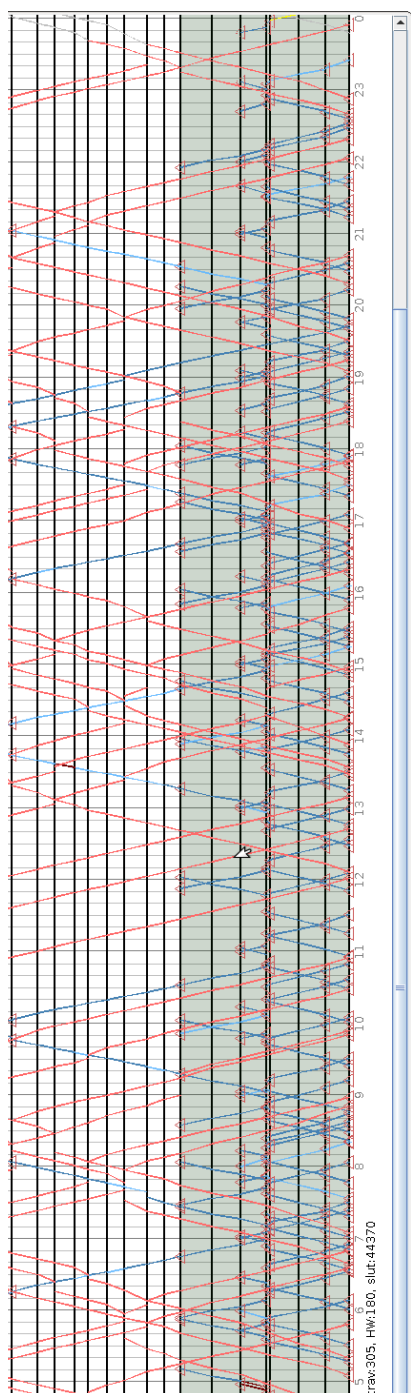
100025	GRO	EA	4:15
100026	GRO	EA	11:54
100027	GRO	EA	8:4
100028	GRO	EA	15:43
100029	GRO	EA	6:10
100030	GRO	EA	9:59
100031	GRO	HDR	13:32
100032	GRO	HDR	3:40
100033	GRO	HDR	2:39
100034	GRO	HDR	20:5
100035	GRO	HDR	8:36
100036	FABG	GRO	16:22
100037	GRO	FABG	4:53
100038	FUR	HDR	19:32
100039	FUR	HDR	20:26
100040	FUR	HDR	12:39
100041	HDR	FUR	13:35
100042	HDR	FUR	14:42
100043	HDR	FUR	8:45
100044	GRO	Ä	21:23
100045	GRO	Ä	33:23
100046	VB1	HDR	1:23
100047	VRÖ	GRO	2:24
100048	GRO	VB	10:30

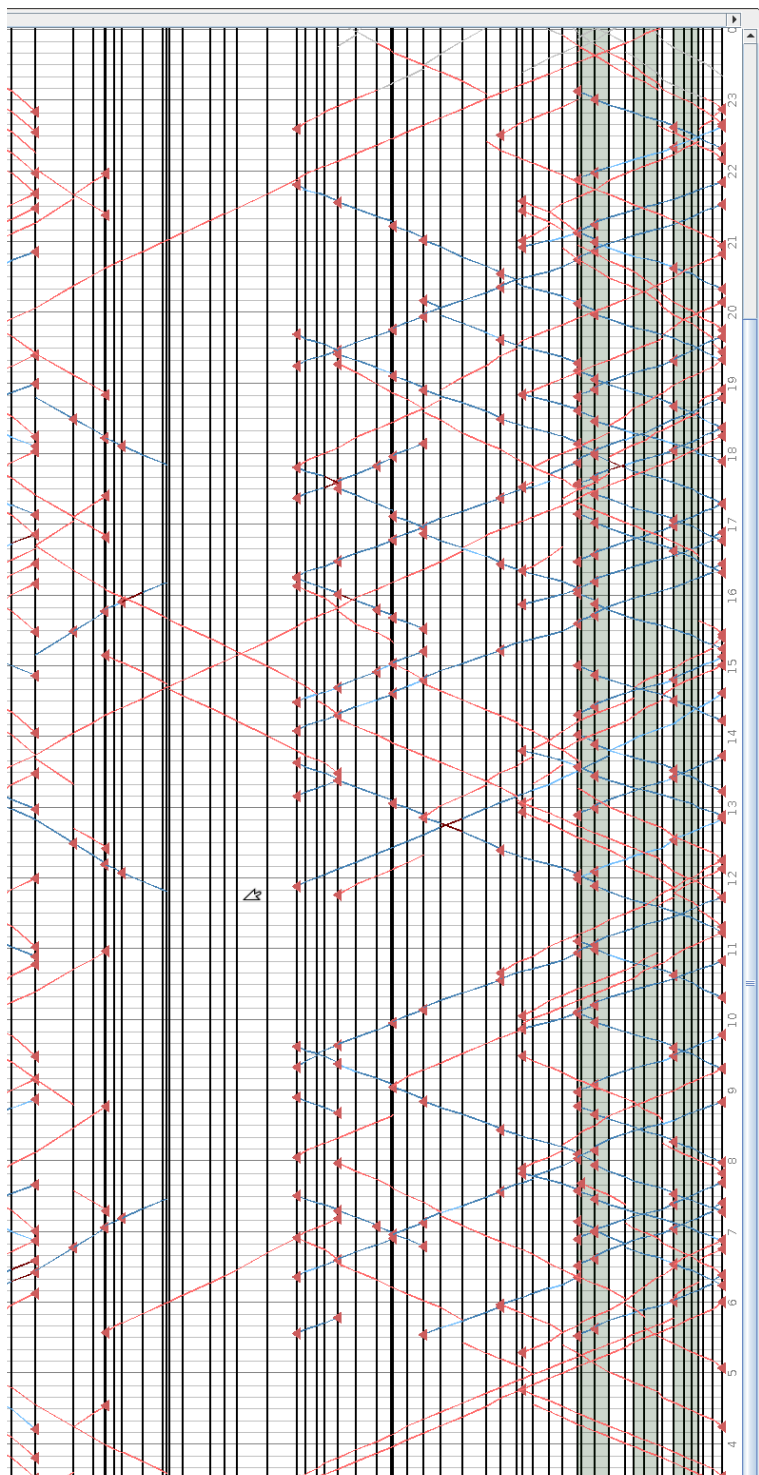
2 Bilaga

Grafer för de fem fallen mj1-mj5. De genererade godstågen är röda, persontåg är blå.









Sl

